



2017

执业资格考试丛书

注册结构工程师 专业考试试题精选及考点剖析

——钢筋混凝土结构
高层建筑结构、高耸结构及横向作用

张维斌 编著

2017

中国建筑工业出版社

执业资格考试丛书

注册结构工程师专业考试 试题精选及考点剖析

——钢筋混凝土结构 高层建筑结构、高耸结构及横向作用

张维斌 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

注册结构工程师专业考试试题精选及考点剖析——钢筋混凝土结构 高层建筑结构、高耸结构及横向作用/张维斌编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2017. 4

(执业资格考试丛书)

ISBN 978-7-112-20638-4

I. ①注… II. ①张… III. ①建筑结构-资格考试-自学参考资料 IV. ①TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 060863 号

本书是《2017 注册结构工程师专业考试试题精选及考点剖析》丛书之一。是作者根据最新一级注册结构工程师专业考试大纲和有关现行规范为基础编写而成。本书包括两章内容: 钢筋混凝土结构和高层建筑结构、高耸结构及横向作用。每章有八套试题, 每套试题有 16 道例题, 总共 256 道例题。所选的例题主要来自历年、特别是近几年的注册结构工程师专业考试试题。此外, 根据有关规范的内容, 作者又补充了精选模拟题, 从而基本涵盖了规范内容及考试相关知识点。本书的例题无论从内容上、题型上、难度上都比较典型, 且具有极强的实战性。

本书可供参加一、二级注册结构工程师专业考试人员复习使用, 也可供土建结构设计、审图、施工、科研人员及高校土建专业师生参考。

责任编辑: 李笑然 牛 松

责任校对: 李欣慰 刘梦然

执业资格考试丛书

注册结构工程师专业考试试题精选及考点剖析
——钢筋混凝土结构 高层建筑结构、高耸结构及横向作用
张维斌 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

环球东方 (北京) 印务有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 30½ 字数: 760 千字

2017 年 6 月第一版 2017 年 6 月第一次印刷

定价: 68.00 元

ISBN 978-7-112-20638-4

(30290)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

为了配合考生考前复习,我们以最新一、二级注册结构工程师专业考试大纲为依据,以有关现行规范为基础,编写了《2017 注册结构工程师专业考试试题精选及考点剖析丛书》。本书是丛书之一,包括两章:钢筋混凝土结构和高层建筑结构、高耸结构及横向作用。

编者在编写时有以下几点做法和想法:

1. 所选的例题主要来自历年、特别是近几年的一级注册结构工程师专业考试试题。这些试题无论从内容上、题型上、难度上都比较典型,且具有极强的实战性。此外,根据有关规范的内容,笔者又补充了少量例题,目的是希望复习内容更加全面,尽量做到对规范内容、考试知识点的基本全覆盖,不留死角。

2. 每道例题的分析讲解一般分为三步:(1) 解答过程;(2) 考试要点;(3) 考点剖析。

在考试要点中,点出本题的出题意图,目的是希望考生能抓住重点、把握关键,正确领会例题所要考查的知识点。

在考点剖析中,首先补充了求解本题所涉及的相关规范,目的是针对具体问题有的放矢,通过对照、学习规范以加深对规范的理解,通过分析讲解基本概念和解题方法,使考生做到解答精炼、重点突出;同时又对规范内容适当展开,对例题所考查的知识点作一些引申、扩展,提出相关的其他问题,目的是希望通过此举能帮助考生拓宽知识面、深入理解概念,培养考生举一反三的能力,避免陷入题海。其次,此部分还针对例题中的难点、陷阱以及答题时容易忽视和误解的地方给予解释和提醒,目的是希望考生在考试时头脑灵活、思路清晰,充分掌握解题的方法和技巧。

如果读者能通过本书的阅读对复习迎考有所帮助,或对解决工程设计中一些实际问题有所帮助,则编者的目的也就达到了。

本书涉及的主要规范有:

1. 《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068—2001 (简称《统一标准》);
2. 《建筑结构荷载规范》GB 50009—2012 (简称《荷规》);
3. 《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223—2008 (简称《分类标准》);
4. 《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 (2016 年版) (简称《抗规》);
5. 《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 (2015 年版) (简称《混规》);
6. 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204—2015 (简称《验收混规》);
7. 《混凝土异形柱结构技术规程》JGJ 149—2006 (简称《异形柱规》);
8. 《烟囱设计规范》GB 50051—2013 (简称《烟规》);
9. 《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3—2010 (简称《高规》)。

本书由张维斌主编,陈传鼎、汪晖参加了一些章节的编写及计算、制图等工作,最后

由张维斌统一定稿。在编写过程中得到了北京市建筑设计研究院李国胜教授级高级工程师、北京筑都方圆建筑设计公司沙志国教授级高级工程师、中国中元国际工程公司柴万先教授级高级工程师、罗斌教授级高级工程师及公司内其他同志的热情帮助，作者在此一并致谢！

限于编者水平，加之时间仓促，有不当或错误之处，热忱盼望读者不吝指正，不胜感谢！

目 录

第 1 章 钢筋混凝土结构	1
1.1 试题精选及考点剖析 (一)	1
1.2 试题精选及考点剖析 (二)	33
1.3 试题精选及考点剖析 (三)	66
1.4 试题精选及考点剖析 (四)	100
1.5 试题精选及考点剖析 (五)	130
1.6 试题精选及考点剖析 (六)	155
1.7 试题精选及考点剖析 (七)	182
1.8 试题精选及考点剖析 (八)	207
第 2 章 高层建筑结构、高耸结构及横向作用	233
2.1 试题精选及考点剖析 (一)	233
2.2 试题精选及考点剖析 (二)	276
2.3 试题精选及考点剖析 (三)	309
2.4 试题精选及考点剖析 (四)	342
2.5 试题精选及考点剖析 (五)	376
2.6 试题精选及考点剖析 (六)	403
2.7 试题精选及考点剖析 (七)	430
2.8 试题精选及考点剖析 (八)	455
参考文献	482

第 1 章 钢筋混凝土结构

1.1 试题精选及考点剖析 (一)

【题 1.1-1】图 1.1-1 所示为一两跨两层钢筋混凝土框架结构，梁上作用的荷载如图 1.1-1 所示，若各杆件的线刚度分别为 $i_{GD}=3.94 \times 10^{10} \text{ N} \cdot \text{mm}$ ， $i_{GH}=9.61 \times 10^{10} \text{ N} \cdot \text{mm}$ ， $i_{HE}=3.71 \times 10^{10} \text{ N} \cdot \text{mm}$ ， $i_{HI}=6.83 \times 10^{10} \text{ N} \cdot \text{mm}$ ， $i_{IF}=2.85 \times 10^{10} \text{ N} \cdot \text{mm}$ ，用分层法计算框架内力，则梁 GH 的 H 端支座弯矩 M_{HG} ($\text{kN} \cdot \text{m}$) 与下列何组数值最为接近？（提示：上层柱线刚度的数值均为乘以 0.9 后的上层柱线刚度数值。）

- A. 14.196
- B. 15.309
- C. 19.91
- D. 20.215

【正确答案】A

【解答过程】

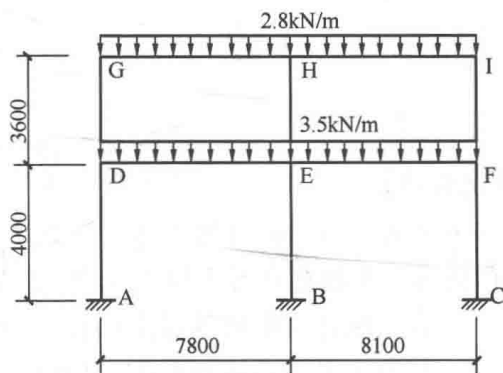


图 1.1-1

先利用公式 $\mu = \frac{i}{\sum i}$ 求出各节点杆件的分配系数

G 节点：

$$\mu_{GD} = \frac{3.94 \times 10^{10}}{(3.94 + 9.61) \times 10^{10}} = 0.29$$

$$\mu_{GH} = \frac{9.61 \times 10^{10}}{(3.94 + 9.61) \times 10^{10}} = 0.71$$

H 节点：

$$\mu_{HD} = \frac{9.61 \times 10^{10}}{(9.61 + 3.71 + 6.83) \times 10^{10}} = 0.477$$

$$\mu_{HE} = \frac{3.71 \times 10^{10}}{(9.61 + 3.71 + 6.83) \times 10^{10}} = 0.18$$

$$\mu_{HI} = \frac{6.83 \times 10^{10}}{(9.61 + 3.71 + 6.83) \times 10^{10}} = 0.343$$

I 节点：

$$\mu_{IH} = \frac{6.83 \times 10^{10}}{(6.83 + 2.85) \times 10^{10}} = 0.71$$

$$\mu_{IF} = \frac{2.85 \times 10^{10}}{(6.83 + 2.85) \times 10^{10}} = 0.29$$

再求各杆件固端弯矩：

$$M_{GH} = -M_{HG} = -\frac{1}{12} \times 2.8 \times 7.8^2 = -14.196 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{HI} = -M_{IH} = -\frac{1}{12} \times 2.8 \times 8.1^2 = -15.309 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

最后由各杆固端弯矩求出节点不平衡弯矩，分配、传递见图 1-1。



图 1-1

【考试要点】

典型结构的近似简化手算方法虽然在目前的结构设计中运用不多，但对理解结构概念很有帮助，本题意在考查以下几点：

- 1. 分层法计算竖向荷载下的框架内力；
- 2. 节点不平衡弯矩的分配、传递。

【考点剖析】

一、相关规范规定

- 1. 竖向荷载下框架内力的分层法计算方法见第 2 章题 2.1-2 中的【考点剖析】。
- 2. 节点不平衡弯矩分配法请读者自行参看有关参考文献。

二、规范理解及难点、陷阱分析

很好地理解了概念，求解本题并不困难，只是在紧张的考试中要细心计算，不能忙中出错，而这恐怕要靠平时多多练习。

【题 1.1-2】某大城市三级医院欲建一座高 21.6m 的 6 层钢筋混凝土医技楼，采用框架结构；抗震设防烈度为 8 度，建筑场地为 I 类。下列有关设计参数中的哪一项不正确？

提示：该医技楼抗震设防分类为乙类。

- A. 框架柱轴压比限值应取为 0.75
- B. 底层柱下端截面的弯矩设计值，应按考虑地震作用组合的弯矩设计值乘以 1.7 的增大系数
- C. 计入纵向受压钢筋的框架梁端受压区高度应符合 $x \leq 0.25h_0$
- D. 框架梁柱节点处，考虑地震组合的节点上、下柱端弯矩设计值之和应符合 $\Sigma M_c = 1.2 \Sigma M_{\text{bua}}$

【正确答案】C

【解答过程】

1. 提示为乙类建筑, 根据《分类标准》此医技楼抗震措施应按9度设计。但其中的抗震构造措施, 因为是Ⅰ类场地, 根据《抗规》第3.3.2条, 仍应按8度设计。即: 本工程抗震构造措施的抗震等级可取为二级, 而其他抗震措施的抗震等级应为一。

2. 根据《混规》第11.3.1条, 二、三级抗震等级计入纵筋的框架梁端混凝土受压区高度应该是 $x \leq 0.35h_0$ 。

【考试要点】

本题意在考查抗震设计时框架梁、柱的一些抗震构造要求, 主要有以下几点:

1. 框架柱轴压比限值;
2. “强底层柱底”;
3. 框架梁端混凝土压区高度限值;
4. “强柱弱梁”。

【考点剖析】

一、相关规范规定

1. 《混规》第11.3.1条

梁正截面受弯承载力计算中, 计入纵向受压钢筋的梁端混凝土受压区高度应符合下列要求:

一级抗震等级

$$x \leq 0.25h_0 \quad (11.3.1-1)$$

二、三级抗震等级

$$x \leq 0.35h_0 \quad (11.3.1-2)$$

式中: x ——混凝土受压区高度;

h_0 ——截面有效高度。

2. 《抗规》第3.3.2条

建筑场地为Ⅰ类时, 对甲、乙类的建筑应允许仍按本地区抗震设防烈度的要求采取抗震构造措施; 对丙类的建筑应允许按本地区抗震设防烈度降低一度的要求采取抗震构造措施, 但抗震设防烈度为6度时仍应按本地区抗震设防烈度的要求采取抗震构造措施。

二、规范理解及难点、陷阱分析

1. 求解本题的关键在于确定构件的抗震等级。

抗震设计时对结构构件所采取的抗震措施包括抗震构造措施和其他抗震措施两类:

(1) 抗震构造措施: 根据抗震概念设计的原则, 一般不需计算而对结构和非结构各部分必须采取的各种细部要求。如构件的配筋要求、延性要求、锚固长度等。主要内容见《抗规》第6、7、8章除第1、2节外的各节, 第9、10章中各节的第(Ⅲ)部分。

(2) 其他抗震措施: 除抗震构造措施以外的抗震措施, 如结构体系的确定、结构的高

宽比、长宽比、结构的平面及竖向布置、相关构件的内力调整等。主要内容见《抗规》第6、7、8章的第1、2节，第9、10章中各节的第（I）（II）部分。

同一个结构的同一个构件，有些情况下其抗震构造措施和其他抗震措施的抗震等级可能不同。

2. 根据《分类标准》第3.0.3条，乙类建筑结构的抗震措施应提高一度采用，但同时《抗规》第3.3.2条规定：建筑场地为Ⅰ类时，甲、乙类建筑应允许仍按本地区抗震设防烈度的要求采取抗震构造措施。本题选项B、D属其他抗震措施，应按9度确定其抗震等级，为一级。选项A、C属抗震构造措施，应按8度确定其抗震等级，为二级。这是一个很深的陷阱，这一步判断失误，一切都错了！

3. 根据以上分析可知：选项A、B、D说法正确，而根据《混规》第11.3.1条式（11.3.1-1）、（11.3.1-2），二级抗震计入纵向受压钢筋的框架梁端受压区高度 $x \leq 0.35h_0$ ，故选项C说法错误，为正确答案。

4. 还要注意：底层柱底截面弯矩设计值乘以1.7的放大系数，仅适用于一级框架结构。如果本题是框架-剪力墙中的框架，即使其抗震等级为一级，也不应乘以1.7的放大系数。所以这这也是一个陷阱。

【题 1.1-3】挑出长度为7.0m的长悬挑梁，梁上作用永久荷载标准值 $g_k=36\text{kN/m}$ ，楼面活荷载标准值 $q_k=21\text{kN/m}$ ，如图1.1-3所示。该建筑的抗震设防烈度为8度（0.30g）。则梁端A处的最大弯矩设计值 M_A （ $\text{kN}\cdot\text{m}$ ）与下列何项数值最为接近？

- A. 1948.12 B. 1778.7
C. 1694.91 D. 1589.25

【正确答案】 B

【解答过程】

本题需考虑下列三种荷载组合后，确定梁端A的最大弯矩设计值。

（1）8度抗震时，挑出长度为7.0m的长悬挑梁，应考虑竖向地震作用。当考虑竖向地震作用效应组合时， $\gamma_G=1.2$ ， $\gamma_{EV}=1.3$ 。

竖向地震作用标准值的线荷载 g_{Ek} 值，可根据《抗规》第5.3.3条的规定，取用构件上重力荷载代表值的15%进行计算，即

$$g_{Ek} = (g_k + 0.5q_k) \times 15\% = (36 + 0.5 \times 21) \times 0.15 = 6.975\text{kN/m}$$

式中，0.5为楼面活荷载的组合值系数，即考虑竖向地震作用组合时，可取用《抗规》表5.1.3中的数值。

故考虑重力荷载代表值及其竖向地震作用的组合时，按《抗规》式（5.4.1）计算

$$M_A = \frac{1}{2} [1.2(36 + 0.5 \times 21) + 1.3 \times 6.975] \times 7^2 = 1589.25\text{kN}\cdot\text{m}$$

（2）不考虑竖向地震作用，当为楼面活荷载效应控制的组合时，按《荷规》式（3.2.3-1）计算

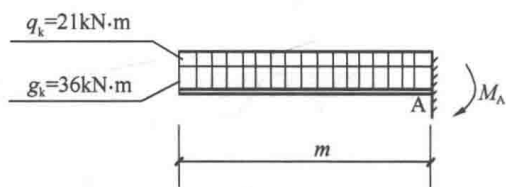


图 1.1-3

$$M_A = \frac{1}{2}(1.2 \times 36 + 1.4 \times 21) \times 7^2 = 1778.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

(3) 不考虑竖向地震作用, 当为永久荷载效应控制的组合时, 按《荷规》式 (3.2.3-2) 计算

$$M_A = \frac{1}{2}(1.35 \times 36 + 1.4 \times 0.7 \times 21) \times 7^2 = 1694.91 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

可见不考虑竖向地震作用, 以及由楼面活荷载效应控制的组合时, 梁端产生最大弯矩设计值 $M_A = 1778.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 。

【考试要点】

本题主要考查以下几个内容:

1. 判别结构构件在什么情况下需要考虑竖向地震作用;
2. 考虑地震作用效应的组合内力设计值及相关荷载系数的确定。

【考点剖析】

一、相关规范规定

1. 《抗规》第 5.1.3 条参见题 2.5-2 中的【考点剖析】。
2. 《抗规》第 5.1.1 条第 4 款

8、9 度的大跨度和长悬臂结构及 9 度时的高层建筑, 应计算竖向地震作用。

3. 《抗规》第 5.3.3 条

长悬臂构件和不属于本规范第 5.3.2 条的大跨结构竖向地震作用标准值, 8 度和 9 度可分别取该结构、构件重力荷载代表性的 10% 和 20%, 设计基本地震加速度为 0.30g 时, 可取该结构、构件重力荷载代表值的 15%。

4. 《抗规》第 5.4.1 条

结构构件的地震作用效应和其他荷载效应的基本组合, 应按下式计算:

$$S = \gamma_G S_{GE} + \gamma_{Eh} S_{Ehk} + \gamma_{Ev} S_{Evk} + \psi_w \gamma_w S_{wk} \quad (5.4.1)$$

式中: S ——结构构件内力组合的设计值, 包括组合的弯矩、轴向力和剪力设计值等;

γ_G ——重力荷载分项系数, 一般情况应采用 1.2, 当重力荷载效应对构件承载能力有利时, 不应大于 1.0;

γ_{Eh} 、 γ_{Ev} ——分别为水平、竖向地震作用分项系数, 应按表 5.4.1 采用;

γ_w ——风荷载分项系数, 应采用 1.4;

S_{GE} ——重力荷载代表值的效应, 可按本规范第 5.1.3 条采用, 但有吊车时, 尚应包括悬吊物重力标准值的效应;

S_{Ehk} ——水平地震作用标准值的效应, 尚应乘以相应的增大系数或调整系数;

S_{Evk} ——竖向地震作用标准值的效应, 尚应乘以相应的增大系数或调整系数;

S_{wk} ——风荷载标准值的效应;

ψ_w ——风荷载组合值系数, 一般结构取 0.0, 风荷载起控制作用的建筑应采用 0.2。

注: 本规范一般略去表示水平方向的下标。

表 5.4.1 地震作用分项系数

地 震 作 用	γ_{Eh}	γ_{Ev}
仅计算水平地震作用	1.3	0.0
仅计算竖向地震作用	0.0	1.3
同时计算水平与竖向地震作用（水平地震为主）	1.3	0.5
同时计算水平与竖向地震作用（竖向地震为主）	0.5	1.3

5. 《荷规》第 3.2.3 条

荷载基本组合的效应设计值 S_d ，应从下列荷载组合值中取用最不利的效应设计值确定：

1 由可变荷载控制的效应设计值，应按下式进行计算：

$$S_d = \sum_{j=1}^m \gamma_{G_j} S_{G_j,k} + \gamma_{Q_1} \gamma_{L_1} S_{Q_1,k} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Q_i} \gamma_{L_i} \psi_{c_i} S_{Q_i,k} \tag{3.2.3-1}$$

- 式中： γ_{G_j} ——第 j 个永久荷载的分项系数，应按本规范第 3.2.4 条采用；
 γ_{Q_i} ——第 i 个可变荷载的分项系数，其中 γ_{Q_1} 为主导可变荷载 Q_1 的分项系数，应按本规范第 3.2.4 条采用；
 γ_{L_i} ——第 i 个可变荷载考虑设计使用年限的调整系数，其中 γ_{L_1} 为主导可变荷载 Q_1 考虑设计使用年限的调整系数；
 $S_{G_j,k}$ ——按第 j 个永久荷载标准值 $G_{j,k}$ 计算的荷载效应值；
 $S_{Q_i,k}$ ——按第 i 个可变荷载标准值 $Q_{i,k}$ 计算的荷载效应值，其中 $S_{Q_1,k}$ 为诸可变荷载效应中起控制作用者；
 ψ_{c_i} ——第 i 个可变荷载 Q_i 的组合值系数；
 m ——参与组合的永久荷载数；
 n ——参与组合的可变荷载数。

2 由永久荷载控制的效应设计值，应按下式进行计算：

$$S_d = \sum_{j=1}^m \gamma_{G_j} S_{G_j,k} + \sum_{i=1}^n \gamma_{Q_i} \gamma_{L_i} \psi_{c_i} S_{Q_i,k} \tag{3.2.3-2}$$

- 注：1 基本组合中的效应设计值仅适用于荷载与荷载效应为线性的情况；
2 当对 $S_{Q_1,k}$ 无法明显判断时，应轮次以各可变荷载效应作为 $S_{Q_1,k}$ ，并选取其中最不利的荷载组合的效应设计值。

二、规范理解及难点、陷阱分析

1. 竖向地震作用客观存在，只是在多数情况下其作用不大，对结构和构件的承载力和变形等影响很小，工程设计就简化而不考虑了。但是，输入竖向地震加速度波的时程反应分析发现，高层建筑由竖向地震引起的轴向力在结构上部明显大于底部，是不可忽视

的。在这种情况下,就必须对结构或构件进行竖向地震作用计算。

2. 竖向地震作用的精确计算比较繁杂,对高度不高、沿竖向质量和刚度较为均匀的结构,可以采用简化方法,原则上与水平地震作用的底部剪力法类似:结构竖向地震的基本周期较短,总竖向地震作用可表示为竖向地震影响系数最大值和等效总重力荷载代表值的乘积;沿高度分布按第一振型考虑,也采用倒三角形分布;在楼层平面内的分布,则按构件所承受的重力荷载代表值分配。只是等效质量系数取 0.75。根据台湾 921 大地震的经验,规范要求高层建筑楼层的竖向地震作用效应应乘以增大系数 1.5,使结构总竖向地震作用标准值分别略大于重力荷载代表值的 10% 和 20%。

3. 对于跨度或悬挑长度不是很大的大跨结构和悬挑结构,为了简化计算,可直接按采用地震作用系数乘以相应的重力荷载代表值作为竖向地震作用标准值。

4. 有地震效应和其他荷载效应组合的各分项系数取值最好能记住。若实在记不住需要查规范时,应查《抗规》而不是《荷规》。

【题 1.1-4】某偏心受压柱,采用 C50 混凝土,HRB400 级钢筋,则其相对界限受压区高度 ξ_b 与下列何项数值最为接近?

A. 0.372

B. 0.479

C. 0.508

D. 0.518

【正确答案】D

【解答过程】

根据《混规》第 6.2.7 条,HRB400 级钢筋为有屈服点钢筋,故按规范式 (6.2.7-1) 计算。

由《混规》第 6.2.6 条, C50 混凝土, $\beta_1 = 0.8$, $f_{cu,k} = 50 \text{ N/mm}^2$

由《混规》式 (6.2.1-5), $\epsilon_{cu} = 0.0033 - (50 - 50) \times 10^{-5} = 0.0033$

$$f_y = 360 \text{ N/mm}^2, E_s = 2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{故 } \beta_b = \frac{\beta_1}{1 + \frac{f_y}{E_s \epsilon_{cu}}} = \frac{0.8}{1 + \frac{360}{2.0 \times 10^5 \times 0.0033}} = 0.51765 = 0.518$$

【考试要点】

本题通过对混凝土相对界限受压区高度 β_b 的计算,意在加深对混凝土构件有关参数力学概念的深入理解。

【考点剖析】

一、相关规范规定

1. 《混规》第 4.1.1 条

混凝土强度等级应按立方体抗压强度标准值确定。立方体抗压强度标准值系指按标准方法制作、养护的边长为 150mm 的立方体试件,在 28d 或设计规定龄期以标准试验方法测得的具有 95% 保证率的抗压强度值。

2. 《混规》第 6.2.1 条

正截面承载力应按下列基本假定进行计算：

- 1 截面应变保持平面。
- 2 不考虑混凝土的抗拉强度。
- 3 混凝土受压的应力与应变关系按下列规定取用：

当 $\epsilon_c \leq \epsilon_0$ 时

$$\sigma_c = f_c \left[1 - \left(1 - \frac{\epsilon_c}{\epsilon_0} \right)^n \right] \quad (6.2.1-1)$$

当 $\epsilon_0 < \epsilon_c \leq \epsilon_{cu}$ 时

$$\sigma_c = f_c \quad (6.2.1-2)$$

$$n = 2 - \frac{1}{60} (f_{cu,k} - 50) \quad (6.2.1-3)$$

$$\epsilon_0 = 0.002 + 0.5 (f_{cu,k} - 50) \times 10^{-5} \quad (6.2.1-4)$$

$$\epsilon_{cu} = 0.0033 - (f_{cu,k} - 50) \times 10^{-5} \quad (6.2.1-5)$$

式中： σ_c ——混凝土压应变为 ϵ_c 时的混凝土压应力；

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值，按本规范表 4.1.4-1 采用；

ϵ_0 ——混凝土压应力达到 f_c 时的混凝土压应变，当计算的 ϵ_0 值小于 0.002 时，取为 0.002；

ϵ_{cu} ——正截面的混凝土极限压应变，当处于非均匀受压且按公式 (6.2.1-5) 计算的值大于 0.0033 时，取为 0.0033；当处于轴心受压时取为 ϵ_0 ；

$f_{cu,k}$ ——混凝土立方体抗压强度标准值，按本规范第 4.1.1 条确定；

n ——系数，当计算的 n 值大于 2.0 时，取为 2.0。

- 4 纵向受拉钢筋的极限拉应变取为 0.01。

- 5 纵向钢筋的应力取钢筋应变与其弹性模量的乘积，但其值应符合下列要求：

$$-f'_y \leq \sigma_{si} \leq f_y \quad (6.2.1-6)$$

$$\sigma_{p0i} - f'_{py} \leq \sigma_{pi} \leq f_{py} \quad (6.2.1-7)$$

式中： σ_{si} 、 σ_{pi} ——第 i 层纵向普通钢筋、预应力筋的应力，正值代表拉应力，负值代表压应力；

σ_{p0i} ——第 i 层纵向预应力筋截面重心处混凝土法向应力等于零时的预应力筋应力，按本规范公式 (10.1.6-3) 或公式 (10.1.6-6) 计算；

f_y 、 f_{py} ——普通钢筋、预应力筋抗拉强度设计值，按本规范表 4.2.3-1、表 4.2.3-2 采用；

f'_y 、 f'_{py} ——普通钢筋、预应力筋抗压强度设计值，按本规范表 4.2.3-1、表 4.2.3-2 采用。

3. 《混规》第 6.2.6 条

受弯构件、偏心受力构件正截面承载力计算时,受压区混凝土的应力图形可简化为等效的矩形应力图。

矩形应力图的受压区高度 x 可取截面应变保持平面的假定所确定的中和轴高度乘以系数 β_1 。当混凝土强度等级不超过 C50 时, β_1 取为 0.80, 当混凝土强度等级为 C80 时, β_1 取为 0.74, 其间按线性内插法确定。

矩形应力图的应力值可由混凝土轴心抗压强度设计值 f_c 乘以系数 α_1 确定。当混凝土强度等级不超过 C50 时, α_1 取为 1.0, 当混凝土强度等级为 C80 时, α_1 取为 0.94, 其间按线性内插法确定。

4. 《混规》第 6.2.7 条

纵向受拉钢筋屈服与受压区混凝土破坏同时发生时的相对界限受压区高度 ξ_b 应按下列公式计算:

1 钢筋混凝土构件 有屈服点普通钢筋

$$\xi_b = \frac{\beta_1}{1 + \frac{f_y}{E_s \epsilon_{cu}}} \quad (6.2.7-1)$$

无屈服点普通钢筋

$$\xi_b = \frac{\beta_1}{1 + \frac{0.002}{\epsilon_{cu}} + \frac{f_y}{E_s \epsilon_{cu}}} \quad (6.2.7-2)$$

2 预应力混凝土构件

$$\xi_b = \frac{\beta_1}{1 + \frac{0.002}{\epsilon_{cu}} + \frac{f_{py} - \sigma_{p0}}{E_s \epsilon_{cu}}} \quad (6.2.7-3)$$

式中: ξ_b ——相对界限受压区高度, 取 x_b / h_0 ;

x_b ——界限受压区高度;

h_0 ——截面有效高度: 纵向受拉钢筋合力点至截面受压边缘的距离;

E_s ——钢筋弹性模量, 按本规范表 4.2.5 采用;

σ_{p0} ——受拉区纵向预应力筋合力点处混凝土法向应力等于零时的预应力筋应力, 按本规范公式 (10.1.6-3) 或公式 (10.1.6-6) 计算;

ϵ_{cu} ——非均匀受压时的混凝土极限压应变, 按本规范公式 (6.2.1-5) 计算;

β_1 ——系数, 按本规范第 6.2.6 条的规定计算。

注: 当截面受拉区内配置有不同种类或不同预应力值的钢筋时, 受弯构件的相对界限受压区高度应分别计算, 并取其较小值。

二、规范理解及难点、陷阱分析

1. 题目要求计算 ξ_b , 当然要按《混规》第 6.2.7 条作答, 但本条有三个公式, 究竟用哪一个? 注意到题给条件是 HRB400 级钢筋, 这是有屈服点的普通钢筋, 故应采用式 (6.2.7-1), 这是本题的第一个陷阱。

2. β_1 的确定, 由《混规》第 6.2.6 条很容易得出, ϵ_{cu} 的计算则应由《混规》第 6.2.1 条确定。注意是求 ϵ_{cu} , 故应按式 (6.2.1-5) 计算。不要忙中出错按式 (6.2.1-4) 计算, 那就糟糕了!

3. 式 (6.2.1-5) 中 $f_{cu,k}$ 数值是多少? 查遍《混规》, 似乎就是没有这个参数的数值, 计算到此可能就会卡壳。深入对《混规》第 4.1.1 条的理解, $f_{cu,k}$ 就是混凝土立方体抗压强度的标准值。换句话说, C40 则 $f_{cu,k}$ 就取 40N/mm^2 , C50 则 $f_{cu,k}$ 就取 50N/mm^2 。这应是本题最深的陷阱, 而要跳出这个陷阱, 显然对这些参数的力学概念的深入理解是必不可少的。

4. 选项 A 错误按《混规》式 (6.2.7-2) 计算, 选项 B 错误取 $\beta_1=0.74$, 选项 C 错误取 $f_{cu,k}=f_{ck}=32.4\text{N/mm}^2$ 。

5. 若出一道计算预应力构件混凝土相对界限受压区高度 ξ_b 的考题, 你的感觉如何?

【题 1.1-5】 8 度区某多层重点设防类建筑, 采用现浇钢筋混凝土框架-剪力墙结构, 房屋高度 20m。柱截面均为 $550\text{mm}\times 550\text{mm}$, 混凝土强度等级为 C40。假定, 底层角柱柱底截面考虑水平地震作用组合的、未经调整的弯矩设计值为 $700\text{kN}\cdot\text{m}$, 相应的轴力设计值为 2500kN 。柱纵筋采用 HRB400 钢筋, 对称配筋, $a_s=a'_s=50\text{mm}$, 相对界限受压区高度 $\xi_b=0.518$, 不需要考虑二阶效应。试问: 该角柱满足柱底正截面承载能力要求的单侧纵筋截面面积 A'_s (mm^2) 与下列何项数值最为接近?

提示: 不需要验算配筋率。

A. 1480

B. 1830

C. 3210

D. 3430

【正确答案】 B

【解答过程】

1. 8 度区重点设防类建筑, 应按 9 度采取抗震措施。 $H=20\text{m}<24\text{m}$, 根据《混规》表 11.1.3, 框架的抗震等级为二级。

2. 弯矩调整

根据《混规》第 11.4.5 条: 角柱的弯矩增大系数为 1.1。

$$M = 700 \times 1.1 = 770\text{kN}\cdot\text{m}$$

3. 确定 γ_{RE}

$$\text{轴压比 } \mu_N = \frac{2500 \times 1000}{19.1 \times 550 \times 550} = 0.433 > 0.15,$$

根据《混规》第 11.1.6 条, $\gamma_{RE}=0.8$ 。

4. 判断大小偏心

根据《混规》第 6.2.17 条和第 11.1.6 条

$$x = \frac{\gamma_{RE} N}{\alpha_1 f_c b} = \frac{0.8 \times 2500 \times 1000}{1 \times 19.1 \times 550} = 190.39\text{mm} < \xi_b h_0 = 0.518 \times (550 - 50) = 259\text{mm}, \text{属大}$$

偏心受压。

$$x = 190.39\text{mm} > 2a'_s = 2 \times 50 = 100\text{mm}$$

5. 求 A_s

$$\text{因为不需要考虑二阶效应, 所以 } e_0 = \frac{M}{N} = \frac{770 \times 10^6}{2500 \times 10^3} = 308\text{mm}$$

$$e_a = \max(20, 550/30) = 20\text{mm}, e_i = e_0 + e_a = 328\text{mm}$$

$$e = e_i + \frac{h}{2} - a_s = 328 + \frac{550}{2} - 50 = 553\text{mm}$$

《混规》式 (6.2.17-2):

$$\gamma_{\text{RE}} Ne = \alpha_1 f_c b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + f'_y A'_s (h_0 - a'_s)$$

$$A'_s = \frac{\gamma_{\text{RE}} Ne - \alpha_1 f_c b x (h_0 - x/2)}{f'_y (h_0 - a'_s)}$$

$$= \frac{0.8 \times 2500 \times 1000 \times 553 - 1 \times 19.1 \times 550 \times 190.39 \times (500 - 190.39/2)}{360 \times (500 - 50)}$$

$$= 1829.5\text{mm}^2$$

【考试要点】

抗震设计中,在构件承载力计算前一般都要根据规范条文进行内力调整。结构设计人员应该了解规范中有关内力调整的各项规定。本题主要考查以下几点:

1. 抗震等级的确定;
2. 内力设计值的调整;
3. 偏心受压承载力的计算。

【考点剖析】

一、相关规范规定

1. 《混规》第 6.2.17 条

矩形截面偏心受压构件正截面受压承载力应符合下列规定 (见图 6.2.17):

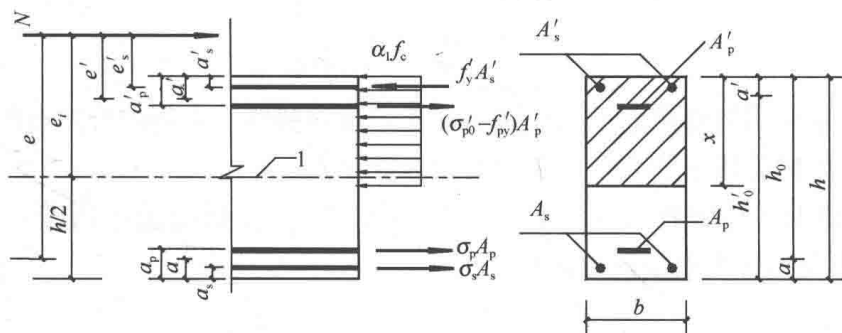


图 6.2.17 矩形截面偏心受压构件正截面受压承载力计算

1—截面重心轴

$$N \leq \alpha_1 f_c b x + f'_y A'_s - \sigma_s A_s - (\sigma'_{p0} - f'_{py}) A'_p - \sigma_p A_p \quad (6.2.17-1)$$

$$Ne \leq \alpha_1 f_c b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + f'_y A'_s (h_0 - a'_s) - (\sigma'_{p0} - f'_{py}) A'_p (h_0 - a'_p) \quad (6.2.17-2)$$

$$e = e_i + \frac{h}{2} - a \quad (6.2.17-3)$$

$$e_i = e_0 + e_a \quad (6.2.17-4)$$